

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/07649

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01B12/04

H01B12/10

H01B13/00, 565

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01B12/04

H01B12/10

H01B13/00, 565

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
JOIS superconductivity\*strontium\*vanadium

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 6-76650, A (Mitsubishi Cable Industries, Ltd.), 18 March, 1994 (18.03.94), page 1, Column, lines 1 to 7; Column 2, lines 16 to 20, lines 28 to 32, lines 35 to 43; page 3, Column 3, lines 22 to 28; page 4; Fig. 1 (Family: none)	7,9-10, 12-13
Y		7,9-10, 12-13
A		8,11,14-20, 30-38
Y	JP, 7-169342, A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 04 July, 1995 (04.07.95), page 2, Column 1, lines 1 to 13; Column 2, lines 31 to 37; page 3; Fig. 1 (Family: none)	7,9-10, 12-13
A	JP, 10-247428, A (Toshiba Corporation), 14 September, 1998 (14.09.98), page 2, Column 1, lines 1 to 9, lines 23 to 25; page 3, Column 3, lines 17 to 24; page 4; Fig. 2 (Family: none)	1-6,21-29

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
22 January, 2001 (22.01.01)Date of mailing of the international search report  
30 January, 2001 (30.01.01)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## 国際調査報告

(法8条、法施行規則第40、41条)  
 [P C T 18条、P C T規則43、44]

出願人又は代理人 の書類記号 900499	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(P C T / I S A / 2 2 0) 及び下記5を参照すること。	
国際出願番号 P C T / J P 0 0 / 0 7 6 4 9	国際出願日 (日.月.年) 30. 10. 00	優先日 (日.月.年) 08. 11. 99
出願人(氏名又は名称) 住友電気工業株式会社		

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条(P C T 18条)の規定に従い出願人に送付する。  
 この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 3 ページである。

この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

## 1. 国際調査報告の基礎

a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。  
 この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。

b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。  
 この国際出願に含まれる書面による配列表

この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表

出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記録した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2.  請求の範囲の一部の調査ができない(第I欄参照)。

3.  発明の單一性が欠如している(第II欄参照)。

4. 発明の名称は  出願人が提出したものと承認する。

次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は  出願人が提出したものと承認する。

第III欄に示されているように、法施行規則第47条(P C T規則38.2(b))の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から1カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

## 6. 要約書とともに公表される図は、

第 1 図とする。  出願人が示したとおりである。

なし

出願人は図を示さなかった。

本図は発明の特徴を一層よく表している。

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int. C1' H01B12/04  
 H01B12/10  
 H01B13/00, 565

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
 Int. C1' H01B12/04  
 H01B12/10  
 H01B13/00, 565

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1926-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2001年
日本国登録実用新案公報	1994-2001年
日本国実用新案登録公報	1996-2001年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JOIS チョウテントウキストロンチウム\*パナジウム

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP, 6-76650, A (三菱電線工業株式会社), 18, 3 月, 1994 (18. 03. 94), 第1頁、第1欄、第1-7 行、及び、第2欄、第16-20行、及び、第28-32行、及 び、第35-43行、及び、第3頁、第3欄、第22-28行、及 び、第4頁、図1 (ファミリーなし)	7, 9-10, 12-13
Y		7, 9-10, 12-13
A		8, 11, 14-20, 30-38

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示す  
もの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日  
以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行  
日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する  
文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって  
出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論  
の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明  
の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以  
上の文献との、当業者にとって自明である組合せに  
よって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

## 国際調査を完了した日

22. 01. 01

## 国際調査報告の発送日

300101

## 国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
青木千歌子 

4X 9351

電話番号 03-3581-1101 内線 3477

## C (続き) 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP, 7-169342, A (古河電気工業株式会社), 4, 7 月, 1995 (04. 07. 95), 第2頁、第1欄、第1-13 行、及び、第2欄、第31-37行、及び、第3頁、図1 (ファミリーなし)	7, 9-10, 12-13
A	JP, 10-247428, A (株式会社東芝), 14, 9月, 1 998 (14. 09. 98), 第2頁、第1欄、第1-9行、及 び、第23-25行、及び、第3頁、第3欄、第17-24行、及 び、第4頁、図2 (ファミリーなし)	1-6, 21-29

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2001年5月17日 (17.05.2001)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 01/35423 A1

(51) 国際特許分類: H01B 12/04, 12/10, 13/00  
 (72) 発明者; および  
 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 綾井直樹 (AYAI, Naoki) [JP/JP]; 林 和彦 (HAYASHI, Kazuhiko) [JP/JP]; 〒554-8511 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社 大阪製作所内 Osaka (JP). 上山宗譜 (UEYAMA, Munetsugu) [JP/JP]; 〒322-0014 栃木県鹿沼市さつき町3番3号 住友電気工業株式会社 関東製作所内 Tochigi (JP). 佐藤充典 (SATO, Mitsunori) [JP/JP]; 〒090-0061 北海道北見市東陵町111-2 公務員宿舎10-36 Hokkaido (JP).

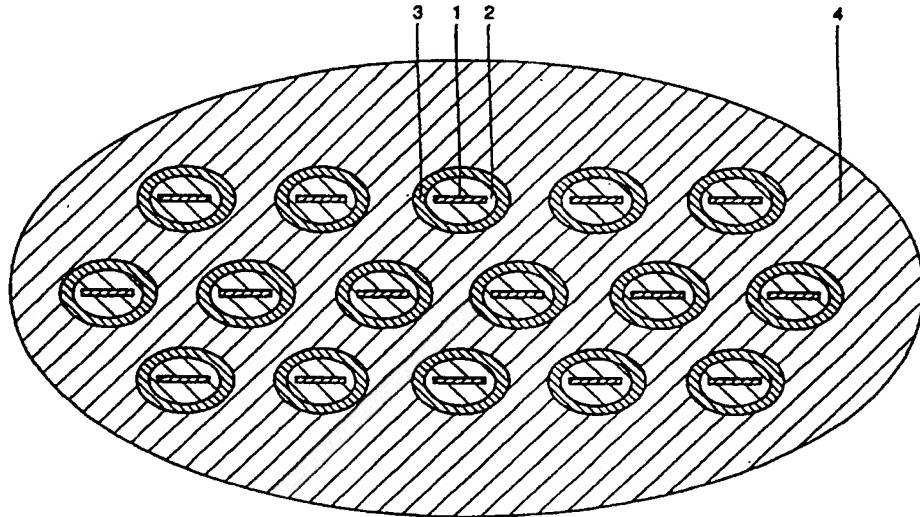
(21) 国際出願番号: PCT/JP00/07649  
 (22) 国際出願日: 2000年10月30日 (30.10.2000)  
 (25) 国際出願の言語: 日本語  
 (26) 国際公開の言語: 日本語  
 (30) 優先権データ:  
 特願平11/317021 1999年11月8日 (08.11.1999) JP  
 (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒541-0041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP).  
 (71) 出願人 および  
 (72) 発明者: 前田 弘 (MAEDA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒090-0061 北海道北見市東陵町111-2 公務員宿舎11-22 Hokkaido (JP).

(74) 代理人: 深見久郎, 外 (FUKAMI, Hisao et al.); 〒530-0054 大阪府大阪市北区南森町2丁目1番29号 住友銀行南森町ビル Osaka (JP).  
 (81) 指定国 (国内): AU, JP, US.  
 (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

[統葉有]

(54) Title: HIGH-TEMPERATURE OXIDE SUPERCONDUCTOR WIRE AND METHOD FOR PREPARING THE SAME

(54) 発明の名称: 酸化物高温超伝導線材および製造法



WO 01/35423 A1

(57) Abstract: A high-temperature oxide superconductor wire which comprises (1) an oxide superconductor filament comprising Bi (Pb)-Sr-Ca-Cu-O type superconductor, (2) a sheath material comprising silver and covering the oxide superconductor filament, (3) a high-resistance material comprising strontium-vanadium oxide and covering the sheath material, and (4) a covering material comprising silver and covering a number of sheaths (2) covered with high-resistance material (3); and a method for preparing the oxide superconductor wire. The oxide superconductor wire has a structure such that a high-resistance material employed for lowering its alternating current loss does not have adverse effect on superconducting characteristics thereof such as critical current density.

[統葉有]

及流損失を低下させるための配置を有する高抵抗体が隙界電離密度等の組合せ特

性化影響を与える。酸化物高溫超伝導線材の構造を示す簡単な模式図が付す。

酸化物高溫超伝導線材は、 $Pb - Sr - Ca - Cu - O$ 系超伝導体である。

（1）元素組成式と構造式 (1) Z、Zの酸化物超伝導体とされる。

（2）元素組成式と構造式 (2) Z、Zの酸化物超伝導体とされる。

（3）元素組成式と構造式 (3) Z、Zの酸化物超伝導体とされる。

を示す。

(57) 要約:

①方式と方法と「」を参照。

2文字「-」及び他の略語は「」で、定期施行を示す  
各PCT方式による著明な構造を示す「」で、  
資料公開番号:

一 国際開業登録告書

## 明細書

## 酸化物高温超伝導線材および製造法

## 5 技術分野

この発明は、酸化物高温超伝導線材およびその製造法に関し、特に電力、輸送、高エネルギー、医療などの分野で用いられる酸化物高温超伝導線材とその製造法に関するものである。

## 10 背景技術

近年、酸化物の焼結体が高い臨界温度で超伝導性を示すことが報告され、この超伝導体を利用して超伝導技術の実用化が促進されている。イットリウム系の酸化物は温度90Kで、ビスマス系の酸化物は温度110Kで超伝導現象を示すことが報告されている。これらの酸化物超伝導体は、比較的安価で入手できる液体窒素中で超伝導特性を示すため、実用化が期待されている。

15 このような超伝導体にたとえば電力供給用の交流電流を流すためには、超伝導体を銀シースで被覆し、その銀シースを高抵抗体で被覆し、その高抵抗体をさらに金属で被覆したような超伝導線材が用いられる。

ここで、超伝導体を銀シースで被覆するのは、伸線加工などを施した際に超伝導体の結晶構造が崩れるのを防ぐためである。また、銀シースを高抵抗体で被覆するのは、交流損失を低下させるためである。さらに、高抵抗体を金属で被覆するのは、超伝導線材に必要とされる可撓性を得るためにある。

20 上記のような超伝導線材を実用化するためには、臨界電流値を向上させる必要がある。特に、ケーブルや変圧器等の交流機器に超伝導線材を用いるためには、臨界電流値を向上させるだけでなく、交流損失を低下させなければならない。そのため、銀シースを被覆する高抵抗体の材料の選択が重要である。

25 上記のような構造の超伝導線材は、たとえば、国際公開公報WO 96/28853号や特開平10-50152号公報に開示されている。

国際公開公報WO 96/28853号に開示された酸化物高温超伝導線材の製

造法によれば、酸化物超伝導体の周囲を銀などで被覆し、さらにその周囲を金属で被覆し、その金属を酸化させることにより、銀と金属との間に金属酸化物からなる高抵抗体を形成している。

5 また、特開平10-50152号公報に開示された酸化物高温超伝導線材の製造法によれば、酸化物超伝導体を銀で被覆し、その周囲を抵抗性合金（高抵抗体）で被覆し、その抵抗性合金を酸化させることにより、銀と抵抗性合金の間に絶縁性酸化物を形成している。

10 しかしながら、上記の2つの公報に開示された技術では、ともに、高抵抗体または絶縁性の酸化物を形成する際に金属または抵抗性合金を酸化するため、この酸化の際に金属または抵抗性合金の成分が超伝導体に拡散し、超伝導体の結晶構造が変化する。そのため、超伝導線材の臨界電流密度が低下するという問題があった。したがって、交流損失を低下させる目的で配置される高抵抗体の形成方法や材料の種類によっては超伝導線材の本来の特性としての臨界電流密度が低下する問題があり、超伝導線材の臨界電流密度等の超伝導特性に悪影響を及ぼさない高抵抗体の材料や形成方法の開発が望まれている。

15 そこで、この発明の目的は、上述のような問題を解決することであり、酸化物超伝導体の周囲に配置される高抵抗体が臨界電流密度等の超伝導特性に悪影響を与えない酸化物高温超伝導線材の構造とその製造法を提供することである。

## 20 発明の開示

この発明の1つの局面に従った酸化物高温超伝導線材は、酸化物超伝導体と、シース体と、高抵抗体と、被覆体とを備える。シース体は、酸化物超伝導体を被覆し、銀を含む材料からなる。高抵抗体は、シース体を被覆し、ストロンチウム-バナジウム酸化物からなる。被覆体は、高抵抗体を被覆し、銀を含む材料からなる。

25 上記の1つの局面にしたがった酸化物高温超伝導線材においては、交流損失を低下させる目的で配置されるストロンチウム-バナジウム酸化物からなる高抵抗体は、酸化物超伝導体とシース体に対して超伝導特性を劣化させるほどの悪影響を与えない。そのため、交流損失の低減を図ることができ、その結果として臨界

電流密度の向上を図ることができる。

この発明のもう1つの局面に従った酸化物高温超伝導線材は、酸化物超伝導体と、高抵抗体と、被覆体とを備える。高抵抗体は、酸化物超伝導体を被覆し、セラミックスからなる。被覆体は、高抵抗体を被覆し、銀を含む材料からなる。セラミックスは、ストロンチウムーバナジウム酸化物からなるのが好ましい。

この発明のさらにもう1つの局面に従った酸化物高温超伝導線材は、酸化物超伝導体と、第1の高抵抗体と、シース体と、第2の高抵抗体と、被覆体とを備える。第1の高抵抗体は、酸化物超伝導体を被覆し、セラミックスからなる。シース体は、第1の高抵抗体を被覆し、銀を含む材料からなる。第2の高抵抗体は、シース体を被覆し、セラミックスからなる。被覆体は、第2の高抵抗体を被覆し、銀を含む材料からなる。セラミックスは、ストロンチウムーバナジウム酸化物からなるのが好ましい。

上記の2つの局面にしたがった酸化物高温超伝導線材においては、交流損失を低下させる目的で配置されるセラミックスからなる高抵抗体または第1の高抵抗体は、酸化物超伝導体の表面に接触しても超伝導特性の劣化等の悪影響を与えることがない。そのため、高抵抗体または第1もしくは第2の高抵抗体が交流損失の低減という本来の機能を果たし、その結果として臨界電流密度の向上を図ることができる。

上記のこの発明の3つの局面に従った酸化物高温超伝導線材において、シース体は複数本存在し、複数本のシース体のそれぞれの間には高抵抗体または第2の高抵抗体が介在していることが好ましい。このようにすることにより、交流損失をさらに低減させることができる。

酸化物超伝導体はフィラメント状の形態を有するのが好ましい。

高抵抗体、第1または第2の高抵抗体を構成するストロンチウムーバナジウム酸化物は $Sr_6V_2O_{11}$ または $SrV_2O_6$ の少なくとも1種を含むのが好ましい。

シース体と被覆体を構成する材料は、銀または銀合金からなるのが好ましい。

酸化物超伝導体は $Bi(Pb) - Sr - Ca - Cu - O$ 系超伝導体であるのが好ましい。

上記のこの発明の1つの局面に従った酸化物高温超伝導線材の製造法としては、

以下の3つの方法を挙げることができる。

(酸化物高温超伝導線材の製造法 I )

この製造法は以下の工程を備える。

5 (a) 銀を含む材料からなる第1のパイプに、熱処理により酸化物超伝導体となる原料粉末または酸化物超伝導体の粉末を充填する工程。

(b) 原料粉末または酸化物超伝導体の粉末が充填された第1のパイプを、銀を含む材料からなる第2のパイプ内に配置する工程。

(c) 第1のパイプの外周面と第2のパイプの内周面との間にストロンチウムーバナジウム酸化物粉末を充填する工程。

10 (d) ストロンチウムーバナジウム酸化物粉末が充填された第2のパイプに塑性加工と熱処理とを施す工程。

(酸化物高温超伝導線材の製造法 I I )

この製造法は以下の工程を備える。

15 (a) 銀を含む材料からなる第1のパイプに、熱処理により酸化物超伝導体となる原料粉末または酸化物超伝導体の粉末を充填する工程。

(b) 孔を有する圧粉体をストロンチウムーバナジウム酸化物粉末から作製する工程。

(c) 原料粉末または酸化物超伝導体の粉末が充填された第1のパイプを圧粉体の孔に挿入する工程。

20 (d) 第1のパイプが挿入された圧粉体を、銀を含む材料からなる第2のパイプ内に配置する工程。

(e) 圧粉体が配置された第2のパイプに塑性加工と熱処理とを施す工程。

(酸化物高温超伝導線材の製造法 I I I )

この製造法は以下の工程を備える。

25 (a) 銀を含む材料からなる第1のパイプに、熱処理により酸化物超伝導体となる原料粉末または酸化物超伝導体の粉末を充填する工程。

(b) 原料粉末または酸化物超伝導体の粉末が充填された第1のパイプの外周面にストロンチウムーバナジウム酸化物粉末から作製したスラリーを塗布する工程。

(c) スラリーが塗布された第1のパイプを、銀を含む材料からなる第2のパイプ内に配置する工程。

(d) 第1のパイプが配置された第2のパイプに塑性加工と熱処理とを施す工程。

5 また、上記のこの発明のもう1つの局面に従った酸化物高温超伝導線材の製造法としては、以下の1つの方法が挙げられる。

(酸化物高温超伝導線材の製造法 IV)

この製造法は以下の工程を備える。

(a) 热処理により酸化物超伝導体となる原料粉末または酸化物超伝導体の粉末から棒状の圧粉体を作製する工程。

(b) 圧粉体の表面にストロンチウムーバナジウム酸化物粉末から作製したスラリーを塗布する工程。

(c) 銀を含む材料からなる第1のパイプに、スラリーが塗布された圧粉体を挿入する工程。

15 (d) 圧粉体が挿入された第1のパイプを、銀を含む材料からなる第2のパイプ内に配置する工程。

(e) 第1のパイプが配置された第2のパイプに塑性加工と熱処理を施す工程。

さらに、上記のこの発明のさらにもう1つの局面に従った酸化物高温超伝導線材の製造法としては、以下の2つの方法が挙げられる。

(酸化物高温超伝導線材の製造法 V)

この製造法は以下の工程を備える。

(a) 热処理により酸化物超伝導体となる原料粉末または酸化物超伝導体の粉末から棒状の圧粉体を作製する工程。

25 (b) 圧粉体の表面にストロンチウムーバナジウム酸化物粉末から作製したスラリーを塗布する工程。

(c) 銀を含む材料からなる第1のパイプに、スラリーが塗布された圧粉体を挿入する工程。

(d) 圧粉体が挿入された第1のパイプの外周面にストロンチウムーバナジ

ウム酸化物粉末から作製したスラリーを塗布する工程。

(e) スラリーが塗布された第1のパイプを、銀を含む材料からなる第2のパイプ内に配置する工程。

—(f) 第1のパイプが配置された第2のパイプに塑性加工と熱処理を施工5 程。

(酸化物高温超伝導線材の製造法V I)

この製造法は以下の工程を備える。

(a) 銀を含む材料からなる第1のパイプの内周面にストロンチウムーバナジウム酸化物粉末から作製したスラリーを塗布する工程。

10 (b) スラリーが塗布された第1のパイプに、熱処理により酸化物超伝導体となる原料粉末または酸化物超伝導体の粉末を充填する工程。

(c) 原料粉末または酸化物超伝導体の粉末が充填された第1のパイプの外周面にストロンチウムーバナジウム酸化物粉末から作製したスラリーを塗布する工程。

15 (d) スラリーが塗布された第1のパイプを、銀を含む材料からなる第2のパイプ内に配置する工程。

(e) 第1のパイプが配置された第2のパイプに塑性加工と熱処理とを施す工程。

上記の酸化物高温超伝導線材の製造法I～V Iにおいて、ストロンチウムーバナジウム酸化物粉末の粒径は1  $\mu$  m以上10  $\mu$  m以下であるのが好ましい。

また、上記の酸化物高温超伝導線材の製造法I～V Iにおいて、第2のパイプに塑性加工と熱処理とを施す工程は、第2のパイプにツイスト加工を施した後に圧縮加工および熱処理を施すのが好ましい。

以上のようにこの発明によれば、交流損失を低下させるために配置される高抵抗の材料をストロンチウムーバナジウム酸化物とすることにより、臨界電流密度の低下等の超伝導特性の劣化を招くことなく、交流損失を効果的に低減することができる。

図面の簡単な説明

図1は、この発明の1つの局面に従った酸化物高温超伝導線材の1つの実施の形態の横断面を模式的に示す図である。

図2は、この発明の1つの局面に従った酸化物高温超伝導線材の別の実施の形態の横断面を模式的に示す図である。

5 図3は、この発明のさらにもう1つの局面に従った酸化物高温超伝導線材の1つの実施の形態の横断面を模式的に示す図である。

図4は、この発明のもう1つの局面に従った酸化物高温超伝導線材の1つの実施の形態の横断面を模式的に示す図である。

## 10 発明を実施するための最良の形態

図1は、この発明の1つの局面に従った酸化物高温超伝導線材の1つの実施の形態の横断面を模式的に示す図である。図1に示すように、Bi (Pb) - Sr - Ca - Cu - O系超伝導体からなる酸化物超伝導体フィラメント1を被覆するように銀からなるシース体2が形成されている。このシース体2を被覆するようにストロンチウムーバナジウム酸化物からなる高抵抗体3が形成されている。高抵抗体3で被覆された多数本のシース体2を被覆するように銀からなる被覆体4が形成されている。

図2は、この発明の1つの局面に従った酸化物高温超伝導線材の別の実施の形態の横断面を模式的に示す図である。図2に示すように、Bi (Pb) - Sr - Ca - Cu - O系超伝導体からなる酸化物超伝導体フィラメント1を被覆するように銀からなるシース体2が形成されている。多数本のシース体2を被覆するようにストロンチウムーバナジウム酸化物からなる高抵抗体3が形成されている。この高抵抗体3を被覆するように銀からなる被覆体4が形成されている。

図3は、この発明のさらにもう1つの局面に従った酸化物高温超伝導線材の1つの実施の形態の横断面を模式的に示す図である。図3に示すように、Bi (Pb) - Sr - Ca - Cu - O系超伝導体からなる酸化物超伝導体フィラメント1を被覆するようにストロンチウムーバナジウム酸化物からなる第1の高抵抗体3が形成されている。この第1の高抵抗体3を被覆するように銀からなるシース体2が形成されている。このシース体2を被覆するようにストロンチウムーバ

ナジウム酸化物からなる第2の高抵抗体32が形成されている。第2の高抵抗体32で被覆された多数本のシース体2は銀からなる被覆体4で被覆されている。

図4は、この発明のもう1つの局面に従った酸化物高温超伝導線材の1つの実施の形態の横断面を模式的に示す図である。図4に示すように、Bi(Pb)–5Sr–Ca–Cu–O系超伝導体からなる酸化物超伝導体フィラメント1を被覆するようにストロンチウム–バナジウム酸化物からなる高抵抗体3が形成されている。多数本の高抵抗体3は銀からなる被覆体4で被覆されている。

なお、上記の実施の形態では、偏平した橢円形状の横断面を有する酸化物高温超伝導線材を示しているが、酸化物高温超伝導線材の横断面の形態は上記の形状に限定されるものではなく、テープ形状の横断面を有する形態等の種々の形態を有していてもよい。

#### （実施例1）

Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とPbOとSrCO<sub>3</sub>とCaCO<sub>3</sub>とCuOとを混合して、組成比（原子比）がBi:Pb:Sr:Ca:Cu=1.8:0.4:2.0:2.0:3.0の粉末を作製した。得られた粉末を温度700°Cで12時間熱処理した後、ボールミルで粉碎した。次にこの粉末を温度800°Cで8時間熱処理した後、ボールミルで粉碎した。さらにこの粉末を温度850°Cで4時間熱処理した後、ボールミルで粉碎した。

このようにして得られた粉末を温度800°Cで2時間加熱処理して脱気した後、外径25mmφ、内径22mmφの第1のパイプとしての銀パイプに粉末を充填した。粉末が充填された銀パイプを外径が20mmφとなるまで伸線加工した。高抵抗体の材料としての平均粒径1.0μmのSr<sub>6</sub>V<sub>2</sub>O<sub>11</sub>の酸化物粉末とともに、外径23mmφ、内径22mmφの第2のパイプとしての銀パイプに伸線加工後の線材を充填し、銀パイプの外径が1.44mmφとなるまで伸線加工を施した。このようにして得られた線材を切断して線材の本数を61本にした。この61本の線材を束ねて外径14mmφ、内径13mmφの第3のパイプとしての銀パイプに嵌合し、外径が1.25mmφとなるまで伸線加工を施した。得られた線材の厚みが0.25mmとなるまで圧延加工を施し、テープ状の線材を得た。比較のため、上記と同様の製造工程を用いて、Sr<sub>6</sub>V<sub>2</sub>O<sub>11</sub>の酸化物粉末を充

填しない線材と、Sr<sub>6</sub>V<sub>2</sub>O<sub>11</sub>の酸化物粉末の代わりにSrV<sub>2</sub>O<sub>6</sub>の酸化物粉末を充填した線材も作製した。

以上のようにして得られた線材に温度845°Cで50時間熱処理を施した後、室温まで冷却した。その後、厚みが0.22mmとなるまで線材に圧延加工を施した後、温度840°Cで50時間熱処理することにより、酸化物高温超伝導線材を得た。

得られた酸化物高温超伝導線材について、線材の両端部においてSr<sub>6</sub>V<sub>2</sub>O<sub>11</sub>の酸化物被覆またはSrV<sub>2</sub>O<sub>6</sub>の酸化物被覆を除去した状態で液体窒素中で直流4端子法により臨界電流密度を測定した。

その結果、Sr<sub>6</sub>V<sub>2</sub>O<sub>11</sub>の酸化物を含まない線材では20,000×10<sup>4</sup>A/m<sup>2</sup>の臨界電流密度が得られたのに対し、Sr<sub>6</sub>V<sub>2</sub>O<sub>11</sub>の酸化物を含む線材では24,000×10<sup>4</sup>A/cm<sup>2</sup>の臨界電流密度、SrV<sub>2</sub>O<sub>6</sub>の酸化物粉末を含む線材では22,000×104A/m<sup>2</sup>の臨界電流密度が得られた。

上記のようにして得られた、Sr<sub>6</sub>V<sub>2</sub>O<sub>11</sub>またはSrV<sub>2</sub>O<sub>6</sub>の酸化物を含む酸化物高温超伝導線材の横断面の模式的な形態は図1に示される。

#### (実施例2)

Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とPbOとSrCO<sub>3</sub>とCaCO<sub>3</sub>とCuOとを混合して、組成比(原子比)がBi:Pb:Sr:Ca:Cu=1.8:0.4:2.0:2.0:3.0である粉末を作製した。得られた粉末を温度700°Cで12時間熱処理した後、ボーラミルで粉碎した。次にこの粉末を温度800°Cで8時間熱処理した後、ボーラミルで粉碎した。さらにこの粉末を温度850°Cで4時間熱処理した後、ボーラミルで粉碎した。

このようにして得られた粉末を温度800°Cで2時間加熱処理して脱気した。その後、この粉末を外径25mmφ、内径22mmφの第1のパイプとしての銀パイプに充填し、粉末が充填された銀パイプを外径が1.30mmφとなるまで伸線加工した。伸線加工により得られた線材を切断して線材の本数を61本とした。

一方、平均粒径が3.0μmのSr<sub>6</sub>V<sub>2</sub>O<sub>11</sub>の酸化物粉末を用いて外径12.9mmφの円柱状の圧粉体を作製した。その圧粉体に内径が1.30mmφの孔

を 6 1 個開けた。

これらの孔のそれぞれに上述の工程で得られた 6 1 本の線材を挿入した。線材が挿入された圧粉体を外径が 1.4 mm  $\phi$ 、内径が 1.3 mm  $\phi$  の第 2 のパイプとしての銀パイプに挿入し、銀パイプの外径が 1.25 mm  $\phi$  となるまで伸線加工を 5 施した。さらに、銀パイプの厚みが 0.25 mm となるまで圧延加工を施し、テープ状の線材を得た。

このテープ状の線材に温度 845°C で 50 時間熱処理を施した後、室温まで冷却した。その後、線材の厚みが 0.22 mm となるまで圧延加工を施した後、温度 840°C で 50 時間熱処理することにより、酸化物高温超伝導線材を得た。

10 以上のようにして得られた酸化物高温超伝導線材の模式的な横断面は図 2 に示される。

得られた線材について、線材の両端部において  $\text{Sr}_6\text{V}_2\text{O}_{11}$  の酸化物被覆を除去した状態で液体窒素中で直流 4 端子法により臨界電流密度を測定した。測定の結果、臨界電流密度は  $25,000 \times 10^4 \text{ A/m}^2$  であった。

15 (実施例 3)

$\text{Bi}_2\text{O}_3$  と  $\text{PbO}$  と  $\text{SrCO}_3$  と  $\text{CaCO}_3$  と  $\text{CuO}$  とを混合して、組成比（原子比）が  $\text{Bi} : \text{Pb} : \text{Sr} : \text{Ca} : \text{Cu} = 1.8 : 0.4 : 2.0 : 2.0 : 3.0$  の粉末を作製した。得られた粉末を温度 700°C で 12 時間熱処理した後、ボールミルで粉碎した。次にこの粉末を温度 800°C で 8 時間熱処理した後、ボールミルで粉碎した。さらにこの粉末を温度 850°C で 4 時間熱処理した後、ボールミルで粉碎した。

20 このようにして得られた粉末を温度 800°C で 2 時間加熱処理して脱気した。その後、この粉末を外径 2.5 mm  $\phi$ 、内径 2.2 mm  $\phi$  の第 1 のパイプとしての銀パイプに充填し、粉末が充填された銀パイプを外径が 1.30 mm  $\phi$  となるまで伸線加工した。

一方、平均粒径が  $5.0 \mu\text{m}$  の  $\text{Sr}_6\text{V}_2\text{O}_{11}$  の酸化物粉末と有機バインダを混合してスラリーを作製した。得られたスラリーを上述の工程で得られた線材の表面に  $100 \mu\text{m}$  の厚みでコーティングし、このコーティングされた線材に脱バインダ処理を施した。その後、この線材を切断して線材の本数を 6 1 本とした。こ

の 6 1 本の線材を束ねて外径 1 4 mm  $\phi$ 、内径 1 3 mm  $\phi$  の第 2 のパイプとしての銀パイプに嵌合し、外径が 1. 2 5 mm  $\phi$  となるまで伸線加工を施した。得られた線材の厚みが 0. 2 5 mm となるまで圧延加工を施し、テープ状の線材を得た。

5 このテープ状の線材に温度 8 4 5 °C で 5 0 時間熱処理を施した後、室温まで冷却した。その後、テープ状の線材の厚みが 0. 2 2 mm となるまで圧延加工を施した後、温度 8 4 0 °C で 2 0 0 時間熱処理を施すことにより、酸化物高温超伝導線材を得た。

10 以上のようにして得られた酸化物高温超伝導線材の模式的な横断面は図 1 に示される。

得られた線材について、線材の両端部において  $Sr_6V_2O_{11}$  の酸化物被覆を除去した状態で液体窒素中で直流 4 端子法により臨界電流密度を測定した。測定の結果、臨界電流密度は  $2 3, 0 0 0 \times 1 0^4 A/m^2$  であった。

(実施例 4)

15  $Bi_2O_3$  と  $PbO$  と  $SrCO_3$  と  $CaCO_3$  と  $CuO$  を混合して、組成比（原子比）が  $Bi : Pb : Sr : Ca : Cu = 1. 8 : 0. 4 : 2. 0 : 2. 0 : 3. 0$  の粉末を作製した。得られた粉末を温度 7 0 0 °C で 1 2 時間熱処理した後、ボールミルで粉碎した。次にこの粉末を温度 8 0 0 °C で 8 時間熱処理した後、ボールミルで粉碎した。さらにこの粉末を温度 8 5 0 °C で 4 時間熱処理した後、ボールミルで粉碎した。

20 このようにして得られた粉末を温度 8 0 0 °C で 2 時間加熱処理して脱気した。この粉末に静水圧プレス加工を施すことにより、外径が 2 1 mm  $\phi$  の棒状の圧粉体を作製した。

一方、平均粒径が数  $\mu m$  の  $Sr_6V_2O_{11}$  の酸化物粉末と有機バインダを混合してスラリーを作製した。得られたスラリーを上述の工程で得られた棒状の圧粉体の表面に  $2 0 0 \mu m$  の厚みでコーティングし、脱バインダ処理を施した後、棒状の圧粉体を外径 2 5 mm  $\phi$ 、内径 2 2 mm  $\phi$  の第 1 のパイプとしての銀パイプに挿入した。圧粉体が挿入された銀パイプを外径が 1. 3 0 mm  $\phi$  になるまで伸線加工した。この線材の表面にスラリーを  $1 0 0 \mu m$  の厚みでコーティングし、コ

コーティングされた線材に脱バインダ処理を施した。このようにして得られた線材を切断して線材の本数を 61 本にした。

この 61 本の線材を束ねて外径 14 mm  $\phi$ 、内径 13 mm  $\phi$  の第 2 のパイプとしての銀パイプに嵌合し、外径が 1.25 mm  $\phi$  となるまで伸線加工を施した。

5 得られた線材の厚みが 0.25 mm となるまで圧延加工を施してテープ状の線材を得た。

このテープ状の線材を温度 845°C で 50 時間熱処理を施した後、室温まで冷却した。その後、テープ状の線材の厚みが 0.21 mm となるまで圧延加工を施した後、温度 840°C で 150 時間熱処理を施すことにより、酸化物高温超伝導

10 線材を得た。

以上のようにして得られた酸化物高温超伝導線材の模式的な横断面は図 3 に示される。

得られた線材について、線材の両端部において  $\text{Sr}_6\text{V}_2\text{O}_{11}$  の酸化物被覆を除去した状態で液体窒素中で直流 4 端子法により臨界電流密度を測定した。測定の結果、臨界電流密度は  $30,000 \times 10^4 \text{ A/m}^2$  であった。

#### (実施例 5)

$\text{Bi}_2\text{O}_3$  と  $\text{PbO}$  と  $\text{SrCO}_3$  と  $\text{CaCO}_3$  と  $\text{CuO}$  を混合して、組成比（原子比）が  $\text{Bi} : \text{Pb} : \text{Sr} : \text{Ca} : \text{Cu} = 1.8 : 0.4 : 2.0 : 2.0 : 3.0$

0 の粉末を作製した。得られた粉末を温度 700°C で 12 時間熱処理した後、ボールミルで粉碎した。次にこの粉末を温度 800°C で 8 時間熱処理した後、ボールミルで粉碎した。さらにこの粉末を温度 850°C で 4 時間熱処理した後、ボールミルで粉碎した。

このようにして得られた粉末を温度 800°C で 2 時間加熱処理して脱気した。

一方、粒径が  $1 \sim 10 \mu\text{m}$  の  $\text{SrV}_2\text{O}_6$  の酸化物粉末と有機バインダを混合してスラリーを作製した。得られたスラリーを外径 25 mm  $\phi$ 、内径 22 mm  $\phi$  の

銀パイプの内表面に  $200 \mu\text{m}$  の厚みでコーティングし、脱バインダ処理を施した。このように処理された第 1 のパイプとしての銀パイプに上述の工程で得られた粉末を充填し、充填された銀パイプを外径が 1.30 mm  $\phi$  となるまで伸線加工した。さらにこの線材の表面にスラリーを  $100 \mu\text{m}$  の厚みでコーティングし、

コーティングされた線材に脱バインダ処理を施した。得られた線材を切断して線材の本数を 61 本にした。

この 61 本の線材を束ねて外径 14 mm  $\phi$ 、内径 13 mm  $\phi$  の第 2 のパイプとしての銀パイプに嵌合し、外径が 1.25 mm  $\phi$  となるまで伸線加工を施した。

5 得られた線材の厚みが 0.25 mm となるまで圧延加工を施し、テープ状の線材を得た。

このテープ状の線材を温度 845 °C で 50 時間熱処理した後、室温まで冷却した。その後、テープ状の線材の厚みが 0.21 mm となるまで圧延加工を施した後、温度 840 °C で 150 時間熱処理を施すことにより、酸化物高温超伝導線材を得た。

10 以上のようにして得られた酸化物高温超伝導線材の模式的な横断面は図 3 に示される。

得られた線材について、線材の両端部において SrV<sub>2</sub>O<sub>6</sub> の酸化物被覆を除去した状態で液体窒素中で直流 4 端子法により臨界電流密度を測定した。測定の結果、臨界電流密度は  $27,000 \times 10^4$  A/m<sup>2</sup> であった。

#### (実施例 6)

Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と PbO と SrCO<sub>3</sub> と CaCO<sub>3</sub> と CuO を混合して、組成比（原子比）が Bi : Pb : Sr : Ca : Cu = 1.8 : 0.4 : 2.0 : 2.0 : 3.0 の粉末を作製した。得られた粉末を温度 700 °C で 12 時間熱処理した後、ボールミルで粉碎した。次にこの粉末を温度 800 °C で 8 時間熱処理した後、ボールミルで粉碎した。さらにこの粉末を温度 850 °C で 4 時間熱処理した後、ボールミルで粉碎した。

20 このようにして得られた粉末を温度 800 °C で 2 時間加熱処理して脱気した。

この粉末に静水圧プレス加工を施すことにより、外径が 21 mm  $\phi$  の棒状の圧粉体を作製した。

一方、平均粒径が数  $\mu$ m の Sr<sub>6</sub>V<sub>2</sub>O<sub>11</sub> の酸化物粉末と有機バインダを混合してスラリーを作製した。得られたスラリーを上述の工程で得られた棒状の圧粉体の表面に 200  $\mu$ m の厚みでコーティングし、脱バインダ処理を施した後、棒状の圧粉体を外径 25 mm  $\phi$ 、内径 22 mm  $\phi$  の第 1 のパイプとしての銀パイプに

挿入した。圧粉体が挿入された銀パイプを外径が 1. 44 mm $\phi$  になるまで伸線加工した。このようにして得られた線材を切断して線材の本数を 61 本にした。

この 61 本の線材を束ねて外径 14 mm $\phi$ 、内径 13 mm $\phi$  の第 2 のパイプとしての銀パイプに嵌合し、外径が 1. 25 mm $\phi$  となるまで伸線加工を施した。

5 得られた線材の厚みが 0. 25 mm となるまで圧延加工を施してテープ状の線材を得た。

このテープ状の線材を温度 845°C で 50 時間熱処理を施した後、室温まで冷却した。その後、テープ状の線材の厚みが 0. 21 mm となるまで圧延加工を施した後、温度 840°C で 150 時間熱処理を施すことにより、酸化物高温超伝導

10 線材を得た。

以上のようにして得られた酸化物高温超伝導線材の模式的な横断面は図 4 に示される。

得られた線材について、線材の両端部において  $\text{Sr}_6\text{V}_2\text{O}_{11}$  の酸化物被覆を除去した状態で液体窒素中で直流 4 端子法により臨界電流密度を測定した。測定の結果、臨界電流密度は  $28, 000 \times 10^4 \text{ A/m}^2$  であった。

15 (実施例 7)

$\text{Bi}_2\text{O}_3$  と  $\text{PbO}$  と  $\text{SrCO}_3$  と  $\text{CaCO}_3$  と  $\text{CuO}$  とを混合して、 $\text{Bi} : \text{Pb} : \text{Sr} : \text{Ca} : \text{Cu} = 1. 8 : 0. 4 : 2. 0 : 2. 0 : 3. 0$  の組成比（原子比）を有する粉末を作製した。得られた粉末を温度 700°C で 12 時間熱処理した後、ボールミルで粉碎した。次にこの粉末を温度 800°C で 8 時間熱処理した後、ボールミルで粉碎した。さらにこの粉末を温度 850°C で 4 時間熱処理した後、ボールミルで粉碎した。

20 このようにして得られた粉末を温度 800°C で 2 時間加熱処理して脱気した。その後、この粉末を外径 25 mm $\phi$ 、内径 22 mm $\phi$  の第 1 のパイプとしての銀パイプに充填した。粉末が充填された銀パイプを外径が 20 mm $\phi$  となるまで伸線加工した。その後、粒径が  $1 \sim 10 \mu\text{m}$  の  $\text{Sr}_6\text{V}_2\text{O}_{11}$  の酸化物粉末とともに、外径 23 mm $\phi$ 、内径 22 mm $\phi$  の第 2 のパイプとしての銀パイプに上記の伸線加工後の線材を充填し、銀パイプの外径が 1. 44 mm $\phi$  となるまで伸線加工を施した。得られた線材を切断して線材の本数を 61 本にした。

この 6 1 本の線材を束ねて外径 1 4 mm  $\phi$ 、内径 1 3 mm  $\phi$  の第 3 のパイプと、しての銀パイプに嵌合し、外径が 1. 2 5 mm  $\phi$  となるまで伸線加工を施した。

さらにこの線材にツイストピッチ 1 0 mm でツイスト加工を施し、厚みが 0. 2 5 mm となるまで圧延加工を施してテープ状の線材を得た。

5 このテープ状の線材に温度 8 4 5 °C で 5 0 時間熱処理を施した後、室温まで冷却した。その後、テープ状の線材の厚みが 0. 2 2 mm となるまで圧延加工を施した後、温度 8 4 0 °C で 1 0 0 時間熱処理を施すことにより、酸化物高温超伝導線材を得た。

10 このようにして得られた酸化物高温超伝導線材の模式的な横断面は図 1 に示される。

得られた線材について、液体窒素中で交流損失の測定を行なった。さらに線材の両端部において  $Sr_6V_2O_{11}$  の酸化物被覆を除去した状態で液体窒素中で直流 4 端子法により臨界電流密度を測定した。

15 測定の結果、 $Sr_6V_2O_{11}$  の酸化物を含まない従来の銀シースのみの線材が 2 1, 0 0 0  $\times 1 0^4 A/m^2$  の臨界電流密度を示したのに対し、上記の製造工程で得られた線材は 2 3, 0 0 0  $\times 1 0^4 A/m^2$  という臨界電流密度を示した。上記の製造工程によって得られた線材は、従来の銀シースのみの線材に比べて交流損失が 1 / 1 0 であった。

20 以上に開示された実施の形態や実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考慮されるべきである。本発明の範囲は、以上の実施の形態や実施例の説明ではなく、特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての修正や変形を含むものであると解釈されるべきである。

## 25 産業上の利用可能性

この発明にしたがった酸化物高温超伝導線材は、電力、輸送、高エネルギー、医療などの分野で用いられる。

## 請求の範囲

1. 酸化物超伝導体（1）と、  
前記酸化物超伝導体（1）を被覆し、銀を含む材料からなるシース体（2）と、  
5 前記シース体（2）を被覆し、ストロンチウムーバナジウム酸化物からなる高  
抵抗体（3）と、  
前記高抵抗体（3）を被覆し、銀を含む材料からなる被覆体（4）とを備えた、  
酸化物高温超伝導線材。
2. 前記シース体（2）は複数本存在し、複数本の前記シース体（2）のそれ  
10 ぞの間には前記高抵抗体（3）が介在している、請求項1に記載の酸化物高温  
超伝導線材。
3. 前記酸化物超伝導体（1）はフィラメント状の形態を有する、請求項1に  
記載の酸化物高温超伝導線材。
4. 前記ストロンチウムーバナジウム酸化物は、 $Sr_6V_2O_{11}$  および  $SrV_2O_6$   
15 からなる群より選ばれた少なくとも1種を含む、請求項1に記載の酸化物高温超  
伝導線材。
5. 前記シース体（2）および前記被覆体（4）を構成する材料は、銀または  
銀合金からなる、請求項1に記載の酸化物高温超伝導線材。
6. 前記酸化物超伝導体（1）は、 $Bi(Pb)-Sr-Ca-Cu-O$  系超  
20 伝導体である、請求項1に記載の酸化物高温超伝導線材。
7. 酸化物超伝導体（1）と、  
前記酸化物超伝導体（1）を被覆し、セラミックスからなる高抵抗体（3）と、  
前記高抵抗体（3）を被覆し、銀を含む材料からなる被覆体（4）とを備えた、  
酸化物高温超伝導線材。
8. 前記セラミックスは、ストロンチウムーバナジウム酸化物からなる、請求  
25 項7に記載の酸化物高温超伝導線材。
9. 前記シース体（2）は複数本存在し、複数本の前記シース体（2）のそれ  
ぞの間には前記高抵抗体（3）が介在している、請求項7に記載の酸化物高温  
超伝導線材。

10. 前記酸化物超伝導体（1）はフィラメント状の形態を有する、請求項7に記載の酸化物高温超伝導線材。

11. 前記ストロンチウムーバナジウム酸化物は、 $\text{Sr}_6\text{V}_2\text{O}_{11}$  および  $\text{Sr}\text{V}_2\text{O}_6$  からなる群より選ばれた少なくとも1種を含む、請求項8に記載の酸化物高温超伝導線材。  
5

12. 前記シーズ体（2）および前記被覆体（4）を構成する材料は、銀または銀合金からなる、請求項7に記載の酸化物高温超伝導線材。

13. 前記酸化物超伝導体（1）は、 $\text{Bi}(\text{Pb})-\text{Sr}-\text{Ca}-\text{Cu}-\text{O}$ 系超伝導体である、請求項7に記載の酸化物高温超伝導線材。

10 14. 酸化物超伝導体（1）と、

前記酸化物超伝導体（1）を被覆し、セラミックスからなる第1の高抵抗体（31）と、

前記第1の高抵抗体（31）を被覆し、銀を含む材料からなるシーズ体（2）と、

15 前記シーズ体（2）を被覆し、セラミックスからなる第2の高抵抗体（32）と、

前記第2の高抵抗体（32）を被覆し、銀を含む材料からなる被覆体（4）とを備えた、酸化物高温超伝導線材。

16. 前記セラミックスは、ストロンチウムーバナジウム酸化物からなる、請求項14に記載の酸化物高温超伝導線材。  
20

16. 前記シーズ体（2）は複数本存在し、複数本の前記シーズ体（2）のそれぞれの間には前記第2の高抵抗体（32）が介在している、請求項14に記載の酸化物高温超伝導線材。

17. 前記酸化物超伝導体（1）はフィラメント状の形態を有する、請求項1  
25 4に記載の酸化物高温超伝導線材。

18. 前記ストロンチウムーバナジウム酸化物は、 $\text{Sr}_6\text{V}_2\text{O}_{11}$  および  $\text{Sr}\text{V}_2\text{O}_6$  からなる群より選ばれた少なくとも1種を含む、請求項15に記載の酸化物高温超伝導線材。

19. 前記シーズ体（2）および前記被覆体（4）を構成する材料は、銀また

は銀合金からなる、請求項 1 4 に記載の酸化物高温超伝導線材。

20. 前記酸化物超伝導体 (1) は、Bi (Pb) - Sr - Ca - Cu - O 系超伝導体である、請求項 1 4 に記載の酸化物高温超伝導線材。

21. 銀を含む材料からなる第 1 のパイプに、熱処理により酸化物超伝導体 (1) となる原料粉末または前記酸化物超伝導体 (1) の粉末を充填する工程と、

5 前記原料粉末または前記酸化物超伝導体 (1) の粉末が充填された前記第 1 のパイプを、銀を含む材料からなる第 2 のパイプ内に配置する工程と、

前記第 1 のパイプの外周面と前記第 2 のパイプの内周面との間にストロンチウムーバナジウム酸化物粉末を充填する工程と、

10 前記ストロンチウムーバナジウム酸化物粉末が充填された前記第 2 のパイプに塑性加工と熱処理とを施す工程とを備えた、酸化物高温超伝導線材の製造法。

22. 前記ストロンチウムーバナジウム酸化物粉末の粒径が  $1 \mu m$  以上  $10 \mu m$  以下である、請求項 2 1 に記載の酸化物高温超伝導線材の製造法。

23. 前記第 2 のパイプに塑性加工と熱処理とを施す工程は、前記第 2 のパイプにツイスト加工を施した後に圧縮加工および熱処理を施すことを含む、請求項 15 2 1 に記載の酸化物高温超伝導線材の製造法。

24. 銀を含む材料からなる第 1 のパイプに、熱処理により酸化物超伝導体 (1) となる原料粉末または前記酸化物超伝導体 (1) の粉末を充填する工程と、  
孔を有する圧粉体をストロンチウムーバナジウム酸化物粉末から作製する工程  
20 と、

前記原料粉末または前記酸化物超伝導体 (1) の粉末が充填された前記第 1 のパイプを前記圧粉体の孔に挿入する工程と、

前記第 1 のパイプが挿入された前記圧粉体を、銀を含む材料からなる第 2 のパイプ内に配置する工程と、

25 前記圧粉体が配置された前記第 2 のパイプに塑性加工と熱処理とを施す工程とを備えた、酸化物高温超伝導線材の製造法。

26. 前記ストロンチウムーバナジウム酸化物粉末の粒径が  $1 \mu m$  以上  $10 \mu m$  以下である、請求項 2 4 に記載の酸化物高温超伝導線材の製造法。

26. 前記第 2 のパイプに塑性加工と熱処理とを施す工程は、前記第 2 のパイ

プにツイスト加工を施した後に圧縮加工および熱処理を施すことを含む、請求項

24に記載の酸化物高温超伝導線材の製造法。

27. 銀を含む材料からなる第1のパイプに、熱処理により酸化物超伝導体

(1) となる原料粉末または前記酸化物超伝導体(1)の粉末を充填する工程と、

5 前記原料粉末または前記酸化物超伝導体(1)の粉末が充填された前記第1の  
パイプの外周面にストロンチウムーバナジウム酸化物粉末から作製したスラリー  
を塗布する工程と、

前記スラリーが塗布された前記第1のパイプを、銀を含む材料からなる第2の  
パイプ内に配置する工程と、

10 前記第1のパイプが配置された前記第2のパイプに塑性加工と熱処理とを施す  
工程とを備えた、酸化物高温超伝導線材の製造法。

28. 前記ストロンチウムーバナジウム酸化物粉末の粒径が  $1 \mu m$  以上  $10 \mu m$  以下である、請求項 27 に記載の酸化物高温超伝導線材の製造法。

29. 前記第2のパイプに塑性加工と熱処理とを施す工程は、前記第2のパイ  
15 プにツイスト加工を施した後に圧縮加工および熱処理を施すことを含む、請求項  
27に記載の酸化物高温超伝導線材の製造法。

30. 热処理により酸化物超伝導体(1)となる原料粉末または前記酸化物超  
伝導体(1)の粉末から棒状の圧粉体を作製する工程と、

前記圧粉体の表面にストロンチウムーバナジウム酸化物粉末から作製したスラ  
20 リーを塗布する工程と、

銀を含む材料からなる第1のパイプに、前記スラリーが塗布された前記圧粉体  
を挿入する工程と、

前記圧粉体が挿入された前記第1のパイプを、銀を含む材料からなる第2のパイ  
25 プ内に配置する工程と、

前記第1のパイプが配置された前記第2のパイプに塑性加工と熱処理とを施す  
工程とを備えた、酸化物高温超伝導線材の製造法。

31. 前記ストロンチウムーバナジウム酸化物粉末の粒径が  $1 \mu m$  以上  $10 \mu m$  以下である、請求項 30 に記載の酸化物高温超伝導線材の製造法。

32. 前記第2のパイプに塑性加工と熱処理とを施す工程は、前記第2のパイ

プにツイスト加工を施した後に圧縮加工および熱処理を施すことを含む、請求項 30 に記載の酸化物高温超伝導線材の製造法。

33. 热処理により酸化物超伝導体 (1) となる原料粉末または前記酸化物超伝導体 (1) の粉末から棒状の圧粉体を作製する工程と、

5 前記圧粉体の表面にストロンチウムーバナジウム酸化物粉末から作製したスラリーを塗布する工程と、

銀を含む材料からなる第1のパイプに、前記スラリーが塗布された前記圧粉体を挿入する工程と、

10 前記圧粉体が挿入された前記第1のパイプの外周面にストロンチウムーバナジウム酸化物粉末から作製したスラリーを塗布する工程と、

前記スラリーが塗布された前記第1のパイプを、銀を含む材料からなる第2のパイプ内に配置する工程と、

前記第1のパイプが配置された前記第2のパイプに塑性加工と熱処理とを施す工程とを備えた、酸化物高温超伝導線材の製造法。

15 34. 前記ストロンチウムーバナジウム酸化物粉末の粒径が  $1 \mu m$  以上  $10 \mu m$  以下である、請求項 33 に記載の酸化物高温超伝導線材の製造法。

35. 前記第2のパイプに塑性加工と熱処理とを施す工程は、前記第2のパイプにツイスト加工を施した後に圧縮加工および熱処理を施すことを含む、請求項 33 に記載の酸化物高温超伝導線材の製造法。

20 36. 銀を含む材料からなる第1のパイプの内周面にストロンチウムーバナジウム酸化物粉末から作製したスラリーを塗布する工程と、

前記スラリーが塗布された前記第1のパイプに、熱処理により酸化物超伝導体 (1) となる原料粉末または前記酸化物超伝導体 (1) の粉末を充填する工程と、

25 前記原料粉末または前記酸化物超伝導体 (1) の粉末が充填された前記第1のパイプの外周面にストロンチウムーバナジウム酸化物粉末から作製したスラリーを塗布する工程と、

前記スラリーが塗布された前記第1のパイプを、銀を含む材料からなる第2のパイプ内に配置する工程と、

前記第1のパイプが配置された前記第2のパイプに塑性加工と熱処理とを施す

工程とを備えた、酸化物高温超伝導線材の製造法。

37. 前記ストロンチウムーバナジウム酸化物粉末の粒径が  $1 \mu m$  以上  $10 \mu m$  以下である、請求項 36 に記載の酸化物高温超伝導線材の製造法。

38. 前記第 2 のパイプに塑性加工と熱処理とを施す工程は、前記第 2 のパイプにツイスト加工を施した後に圧縮加工および熱処理を施すことを含む、請求項 36 に記載の酸化物高温超伝導線材の製造法。

FIG. 1

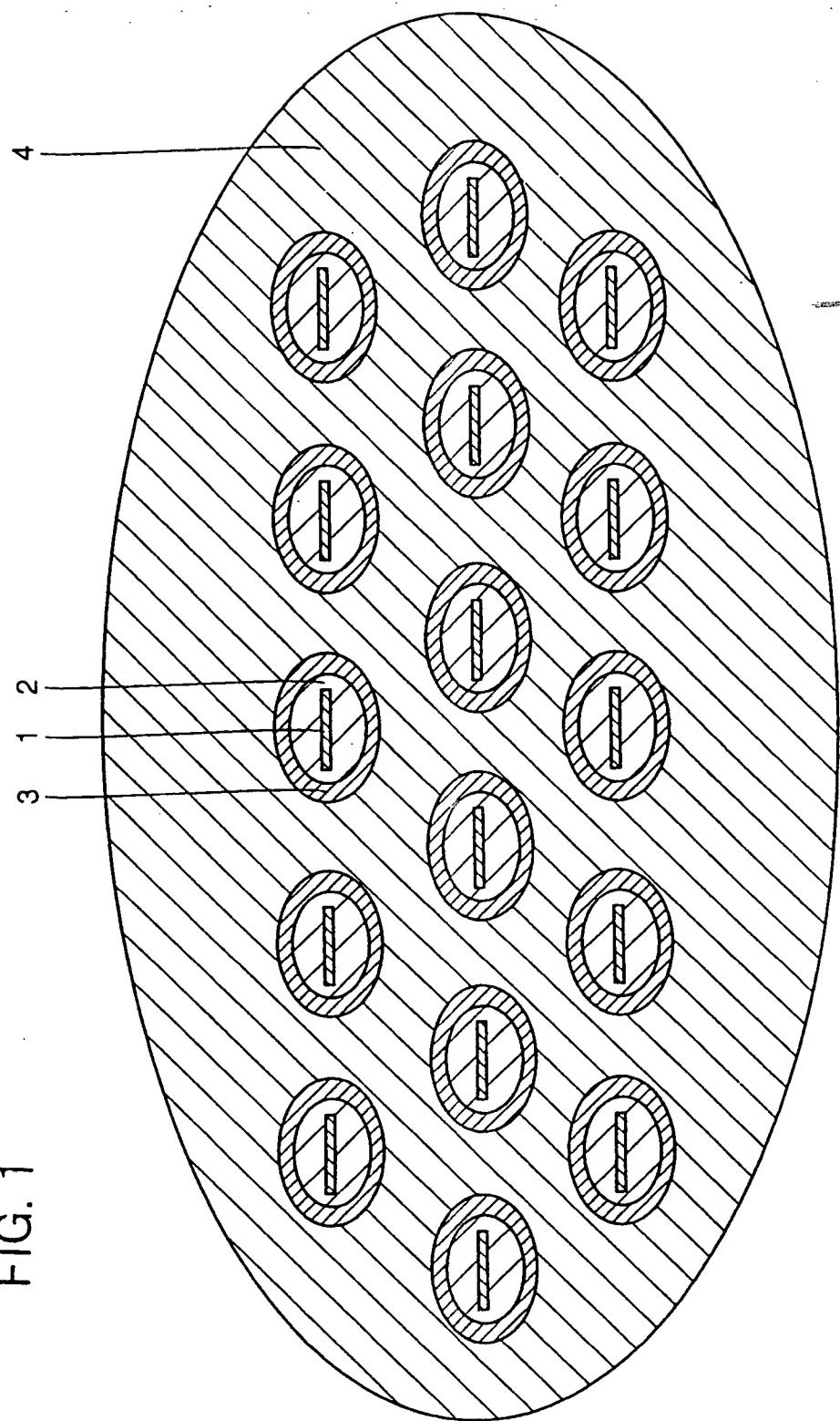


FIG. 2

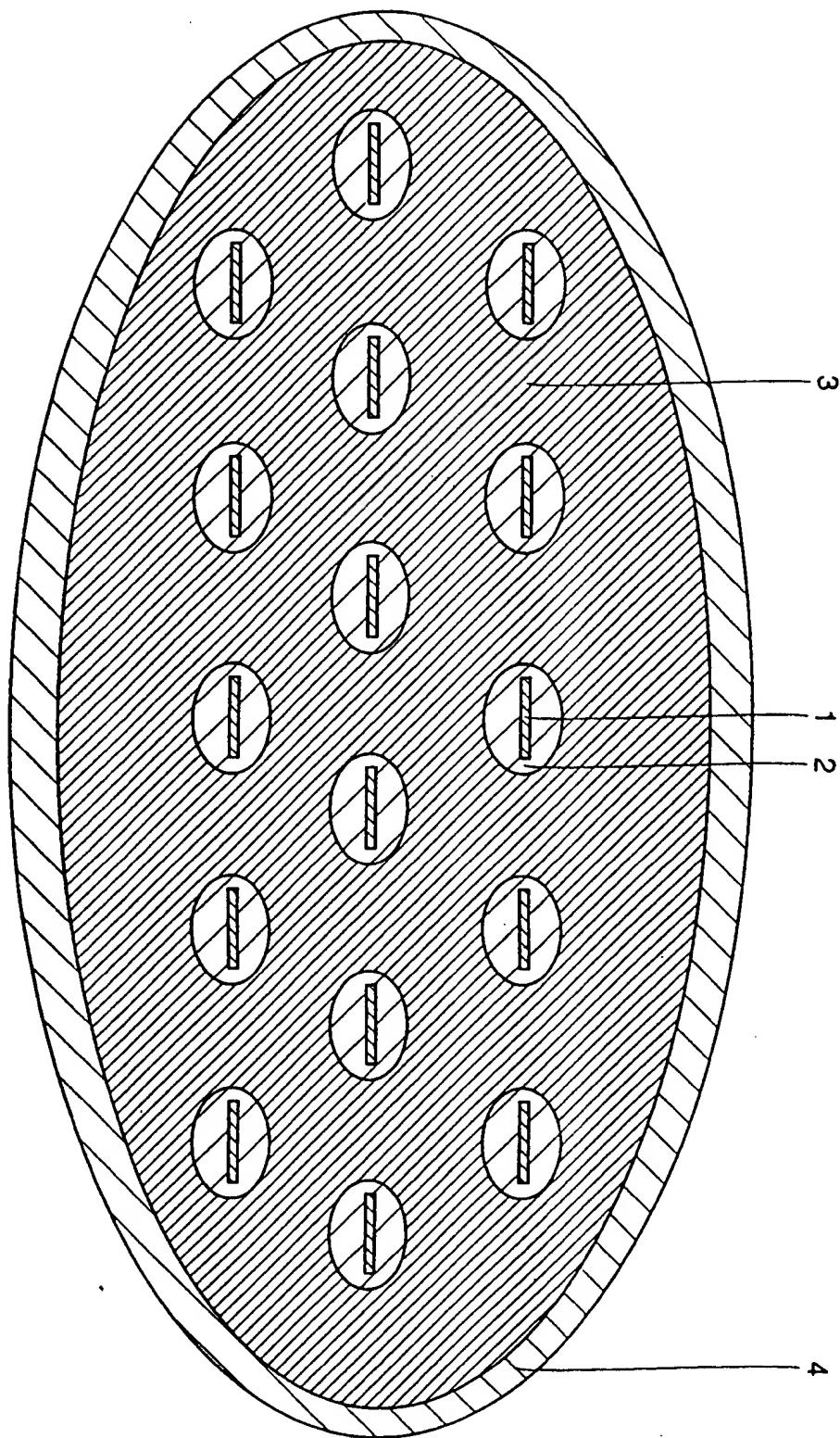


FIG. 3

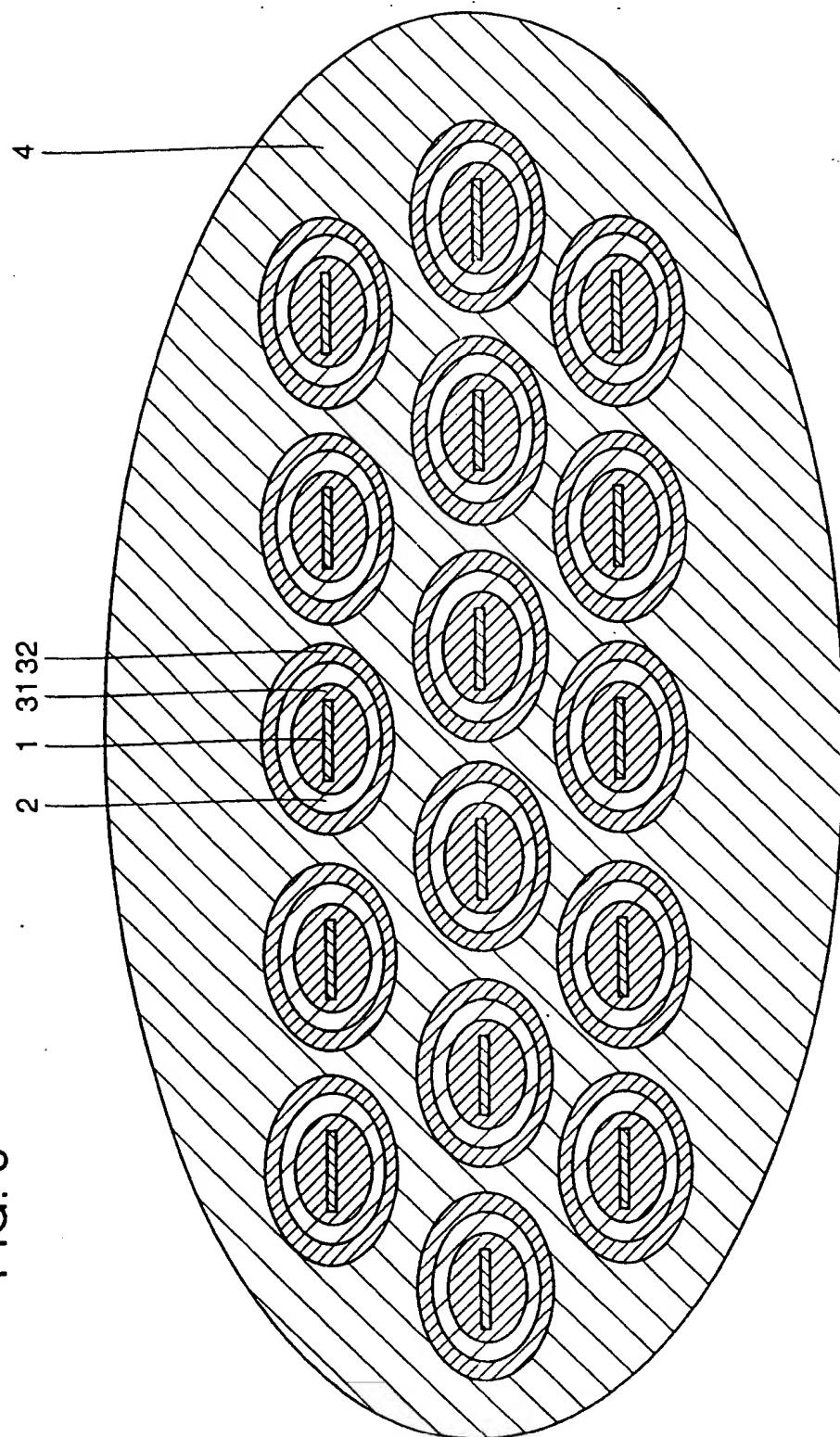
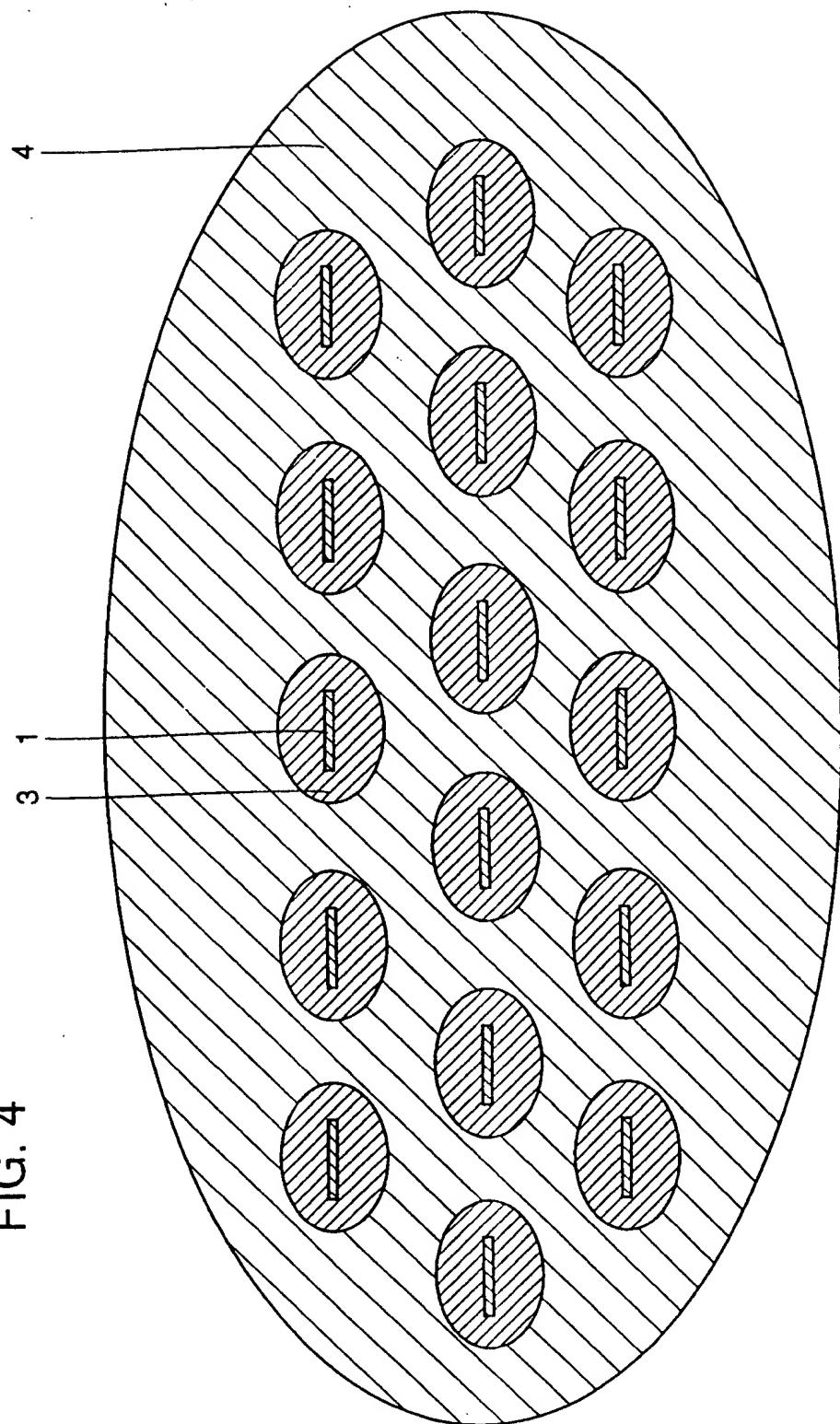


FIG. 4



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/07649

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.C1<sup>7</sup> H01B12/04  
H01B12/10  
H01B13/00, 565

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.C1<sup>7</sup> H01B12/04  
H01B12/10  
H01B13/00, 565

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
 Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000  
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
 JOIS superconductivity\*strontium\*vanadium

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 6-76650, A (Mitsubishi Cable Industries, Ltd.), 18 March, 1994 (18.03.94), page 1, Column, lines 1 to 7; Column 2, lines 16 to 20, lines 28 to 32, lines 35 to 43; page 3, Column 3, lines 22 to 28; page 4; Fig. 1 (Family: none)	7, 9-10, 12-13
Y	JP, 7-169342, A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 04 July, 1995 (04.07.95), page 2, Column 1, lines 1 to 13; Column 2, lines 31 to 37; page 3; Fig. 1 (Family: none)	7, 9-10, 12-13
A	JP, 10-247428, A (Toshiba Corporation), 14 September, 1998 (14.09.98), page 2, Column 1, lines 1 to 9, lines 23 to 25; page 3, Column 3, lines 17 to 24; page 4; Fig. 2 (Family: none)	8, 11, 14-20, 30-38
		7, 9-10, 12-13
		1-6, 21-29

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

- \* Special categories of cited documents:
- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
 22 January, 2001 (22.01.01)

Date of mailing of the international search report  
 30 January, 2001 (30.01.01)

Name and mailing address of the ISA/  
 Japanese Patent Office

Authorized officer

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP00/07649

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int. Cl' H01B12/04  
 H01B12/10  
 H01B13/00, 565

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
 Int. Cl' H01B12/04  
 H01B12/10  
 H01B13/00, 565

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2001年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2001年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2001年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JOIS チョウテントウ\*ストロンチウム\*バナジウム

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP, 6-76650, A (三菱電線工業株式会社), 18, 3 月, 1994 (18. 03. 94), 第1頁、第1欄、第1-7 行、及び、第2欄、第16-20行、及び、第28-32行、及 び、第35-43行、及び、第3頁、第3欄、第22-28行、及 び、第4頁、図1 (ファミリーなし)	7, 9-10, 12-13
Y		7, 9-10, 12-13
A		8, 11, 14-20, 30-38

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示す  
もの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日  
以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行  
日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する  
文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって  
出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論  
の理解のために引用するもの  
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明  
の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以  
上の文献との、当業者にとって自明である組合せに  
よって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 22. 01. 01	国際調査報告の発送日 30. 01. 01
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 青木千歌子 (印) 4X 9351 電話番号 03-3581-1101 内線 3477

C (続き) 関連すると認められる文献		関連する 請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
Y	JP, 7-169342, A (古河電気工業株式会社), 4, 7月, 1995 (04. 07. 95), 第2頁、第1欄、第1-13行、及び、第2欄、第31-37行、及び、第3頁、図1 (ファミリーなし)	7, 9-10, 12-13
A	JP, 10-247428, A (株式会社東芝), 14, 9月, 1998 (14. 09. 98), 第2頁、第1欄、第1-9行、及び、第23-25行、及び、第3頁、第3欄、第17-24行、及び、第4頁、図2 (ファミリーなし)	1-6, 21-29